

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-248539  
 (43)Date of publication of application : 17.09.1999

(51)Int.Cl. G01J 5/00  
 G01K 11/12

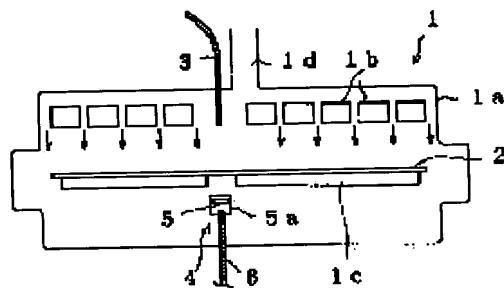
(21)Application number : 10-050615 (71)Applicant : OMRON CORP  
 (22)Date of filing : 03.03.1998 (72)Inventor : UNO TETSUYA

## (54) NON-CONTACT TEMPERATURE MEASURING DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To highly accurately detect the temperature of an object based on the temperature and spectral radiation luminance regardless of emissivity changed by the temperature of the object for measuring the temperature in a radiation thermometer.

**SOLUTION:** A silicon wafer 2 is irradiated with the light of a wavelength corresponding to a measurement temperature from a light projection part through an optical fiber 3. Among the light from the light projection part, the light transmitted through a measurement object is received by a light reception part 5. While the light is not irradiated from the light projection part, the light reception part 5 receives radiation light from the silicon wafer 2. Transmissivity is obtained based on a received light level obtained from the light reception part 5, radiation luminance is corrected based on it and the temperature of the silicon wafer 2 is measured.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) **公開特許公報 (A)**

(11) 特許出願公開番号

特開平11-248539

(43) 公開日 平成11年(1999)9月17日

(51) Int. C1.<sup>6</sup>

G 01 J 5/00  
G 01 K 11/12

識別記号

F I

G 01 J 5/00  
G 01 K 11/12

D  
D

審査請求 未請求 請求項の数 2

OL

(全7頁)

(21) 出願番号 特願平10-50615

(22) 出願日 平成10年(1998)3月3日

(71) 出願人 000002945

オムロン株式会社

京都府京都市右京区花園土堂町10番地

(72) 発明者 宇野 徹也

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ

ムロン株式会社内

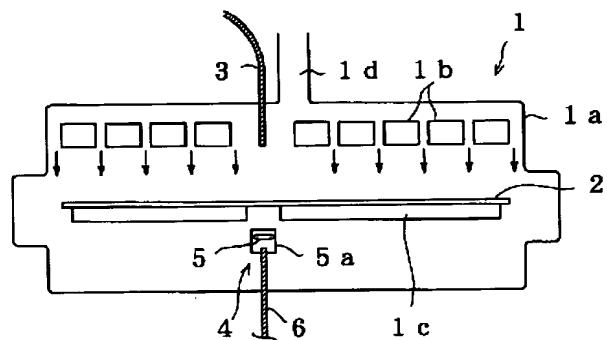
(74) 代理人 弁理士 岡本 宜喜 (外1名)

(54) 【発明の名称】 非接触温度測定装置

(57) 【要約】

【課題】 放射温度計において、温度を測定する物体の温度によって変化する放射率にかかわらず温度と分光放射輝度に基づいて高精度で物体の温度を検出すること。

【解決手段】 測定温度に対応する波長の光を投光部より光ファイバ3を介してシリコンウエハ2に照射する。この投光部からの光のうち測定物体を透過する光を受光部5で受光する。投光部より光を照射しない間に受光部5はシリコンウエハ2からの放射光を受光する。受光部5より得られる受光レベルに基づいて透過率を求め、これに基づいて放射輝度を補正し、シリコンウエハ2の温度を測定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体の温度に対応した放射光に基づいて非接触で物体の温度を測定する非接触温度測定装置において、

対象物体の測定温度に対応する波長の光を前記対象物体に照射する投光部と、前記投光部から照射され対象物体を透過した光を受光する第1の受光部と、

前記対象物体から放射される放射光を受光する第2の受光部と、

物体の有無及び前記投光部の光の断続に基づいて前記第1の受光部の受光量により前記対象物体の透過率を算出し、算出された透過率によって補正した前記第2の受光部からの受光量に基づいて測定物体の温度を測定する信号処理部と、を具備することを特徴とする非接触温度測定装置。

【請求項2】 前記第1、第2の受光部は、同一の受光部としたことを特徴とする請求項1記載の非接触温度測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体製造装置等に取付けて用いられ、半導体基板等の温度を非接触で測定する非接触温度測定装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 半導体製造装置、特に成膜やエッチング等の半導体ウエハ上のパターン形成に関わる工程の装置において、ウエハの温度を正確に管理することは特に重要である。しかしながら従来の半導体製造装置には、工程の最中にウエハの温度を直接測定する装置はなかった。

【0003】 これに代わる方法として、接触式の熱電対でウエハの温度を測定する方法や、ウエハを温めるヒータの温度を熱電対で測定する方法等が用いられていた。また放射温度計を用いた非接触温度測定装置もある。これは、放射光をサーモパイプを用いて熱に変換し、サーミスタなどの感温素子によって放射温度を測定するものである。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 これらの方法のうち、ウエハを直接熱電対と接触させる測定方法では、熱電対とウエハとの間に微妙な隙間が生じ、正確に温度を測定できないという欠点があった。また熱源の温度から間接的にウエハの温度をモニタする方法の場合は、測定結果はあくまでも予想値であり、測定の異常を発見できないという欠点があった。

【0005】 また放射温度計にあっては、測定の対象物体であるシリコンウエハは温度によってその放射率又は透過率が変化する。即ち、放射率も理論値に対して変動する。また各温度に対応した放射率又は透過率を予め測定しておき、その表を基に補正をしようとしても、ウエ

ハのロット毎のばらつきが大きく、温度測定の精度が向上しないという問題点があった。

【0006】 本発明は、このような従来の問題点に鑑みてなされたものであって、高精度の温度制御を行う半導体製造装置において、放射温度計を用いて半導体基板等の温度を非接触で正確に測定することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本願の請求項1の発明は、物体の温度に対応した放射光に基づいて非接触で物体の温度を測定する非接触温度測定装置において、対象物体の測定温度に対応する波長の光を前記対象物体に照射する投光部と、前記投光部から照射され対象物体を透過した光を受光する第1の受光部と、前記対象物体から放射される放射光を受光する第2の受光部と、物体の有無及び前記投光部の光の断続に基づいて前記第1の受光部の受光量により前記対象物体の透過率を算出し、算出された透過率によって補正した前記第2の受光部からの受光量に基づいて測定物体の温度を測定する信号処理部と、を具備することを特徴とするものである。

【0008】 本願の請求項2の発明は、請求項1記載の非接触温度測定装置において、前記第1、第2の受光部は、同一の受光部としたことを特徴とするものである。

【0009】 放射光に基づく温度測定装置では、測定対象となる物体は完全黒体でなく、温度によって放射率及びこれに対応した吸収率が変化し、温度と分光放射輝度との関係が理論値通りとはならない。これを補正するために本発明では、測定対象となる温度に対応する波長の光を投光部より投光し、その光のうち物体を透過した光を第1の受光部で受光する。又第2の受光部で物体からの放射光を受光する。第1の受光部で受光できるレベルは物体の有無及び投光部の光の断続によって透過率を測定することができるため、透過率により補正した物体からの放射輝度を算出する。このように放射輝度に基づいて物体の放射率にかかわらず正確な温度を測定することができる。

【0010】 又請求項2の発明では、第1、第2の受光部を共通の1つの受光部として構成したものである。又第1、第2の受光部と投光部とを一体化し、光ファイバ等によって検知領域に所定の波長の光を導き、その反射光と反射光以外の光から補正により物体の透過率と温度とを測定するようにすることもできる。又1つの受光部と複数の第2の受光部とを設け、複数の第2の受光部の温度分布から測定対象となる物体の温度分布を測定することができる。

## 【0011】

【発明の実施の形態】 (実施の形態1) 本発明の実施の形態1における非接触温度測定装置について説明する。ここでは測定対象物体を半導体製造装置中のシリコンウエハとする。図1は半導体製造装置であるCVD装置の内部構造の説明図である。CVD装置1のチャンバ

1 a 内には、高周波プラズマを発生させる複数の高周波電極 1 b、シリコンウエハ 2 を所定の温度に加熱するヒータ 1 c が設けられている。このヒータ 1 c は、シリコンウエハ 2 を例えば 100°C ~ 700°C の範囲で加熱する。またガス供給口 1 d を介してプラズマ用のガスを供給する。

【0012】本実施の形態 1 の非接触温度測定装置として、チャンバ 1 a の上部に投光用ファイバ 3 を取り付け、チャンバ 1 a の下部に受光部 4 を取り付ける。投光用ファイバ 3 は赤外光を導光する光ファイバであり、シリコンウエハ 2 の上部表面に近接する位置に取り付けられる。受光部 4 は投光部より投光した光と対象物体からの放射光とを同時に受光する第 1、第 2 の受光部であり、レンズ 5、レンズホルダ 5 a、受光用ファイバ 6 を有し、シリコンウエハ 2 を挟んで投光用ファイバ 3 と対向する位置に取り付けられる。そして投光用ファイバ 3 のみが視野に納まるように位置決めされる。尚、ヒータ 1 c において、受光部 4 の位置する部分はくり抜かれている。

【0013】図 2 は本体部 10 の構成を示す概略図である。本体部 10 は測定用の赤外光を投光用ファイバ 3 に出力し、受光部 4 からの赤外光を受光し、後述する各条件で受光した赤外光の強度を演算処理することにより、シリコンウエハ 2 の温度を検出するものである。図 2 に示すように、本体部 10 は投光部 11、受光処理部 12、演算処理部 13、メモリ部 14 を含んで構成される。

【0014】投光部 11 は、ハロゲンランプ 11 a、バンドパスフィルタ 11 b、チョッパ 11 c、コントローラ 11 d を含んで構成される。ハロゲンランプ 11 a は遠赤外光～可視光の範囲を含む光を放射する光源（熱源）である。バンドパスフィルタ 11 b はハロゲンランプ 11 a から放射される光の内、特定の中心波長  $\lambda$  の光を選択するフィルタである。フィルタ 11 b の中心波長  $\lambda$  は測定対象となる物体で吸収が起きる帯域の波長、例えば 9 μm 帯の赤外成分が選択される。チョッパ 11 c はバンドパスフィルタ 11 b を介して出力される直流の赤外線を断続するもので、その周期はコントローラ 11 d によって制御される。

【0015】受光処理部 12 は、レンズ 12 a、サーモパイアル 12 b、サーミスタ 12 c、A/D 変換部 12 d を含んで構成される放射温度計である。レンズ 12 a は、受光部 4 で検出され、受光用ファイバ 6 を介して導光された赤外光を集束してサーモパイアル 12 b に与える。サーモパイアル 12 b は赤外光を熱エネルギーに変換する。この熱はサーミスタ 12 c によって温度に変換され、A/D 変換部 12 d に与えられる。

【0016】演算処理部 13 は、マイクロコンピュータで構成され、後述する演算処理によりシリコンウエハ 2 の温度を算出する。メモリ部 14 は、シリコンウエハ 2

のフレネル透過率を  $\gamma$  とし、シリコンウエハ 2 が無い場合の受光部 4 の受光量を  $c$  とするとき、 $\gamma$  や  $c$  の値を記憶するメモリである。

【0017】このように構成された実施の形態 1 における非接触温度測定装置の動作について説明する。図 3 はパルス投光された投光部 11 の赤外光と、シリコンウエハ 2 を介して受光部 4 で得られる赤外光との関係を示す説明図である。また図 4 は演算処理部 13 の動作を示すフローチャートである。本図のステップ S 1 において、シリコンウエハに対する既知のフレネル透過率  $\gamma$  を入力し、メモリ部 14 に記憶する。つきのステップ S 2 では、シリコンウエハ 2 をヒータ 1 c に載置しない状態、即ち投光用ファイバ 3 から直接得られるパルス投光のピーク値を受光部 4 が検出する。図 3 (a) は投光部 11 で生成された赤外光の強度を示す波形図である。図 3 (b) の時刻  $t_0$  ~  $t_1$  で示すように、上記のパルス光が直接受光部 4 に入力されるので、この値が  $c$  としてメモリ部 9 に格納される。

【0018】次に時刻  $t_1$  からヒータ 1 c 上にシリコンウエハ 2 を載置し、ヒータで加熱する。図 5 はシリコンウエハ 2 の吸収特性の一例を示したグラフである。シリコンウエハ 2 を 750°C に加熱すると、加熱当初において、波長  $\lambda$  に対する相対透過強度を測定すると、9 μm 帯で大きな急峻な吸収が見られ、続いて 19 μm 帯で小さな吸収が見られる。またシリコンウエハ 2 の温度を変化させた場合の吸収特性（図示せず）においても、吸収スペクトルの形状は大幅に変化する。いずれにしても、9 μm 帯の透過率は加熱温度によって変化する。

【0019】さて図 4 のステップ S 3 では、ヒータ 1 c 上にシリコンウエハ 2 を載置し、図 2 に示した投光部 11 より 9 μm 帯を含む赤外光を断続して投光する。投光を遮断したときの受光量、即ちシリコンウエハ 2 自身による発光成分を  $a$  とし、この  $a$  に対してシリコンウエハ 2 の透過光成分を加算した値を  $b$  とする。こうすると図 3 (b) の時間  $t_1$  以降に示すように、チョッパ 11 c がオンのときには、受光部 4 は光量  $b$  の光を検出し、チョッパ 11 c がオフのときには、光量  $a$  の光を検出することになる。そしてこれらの値をメモリ部 14 に一時保持する。

【0020】シリコンウエハ 2 の表面でのフレネル損を無視すれば、シリコンウエハ 2 の透過率は  $(b - a) / c$  になる。本実施の形態ではフレネル損を考慮するので、フレネル透過率を  $\gamma$  とすると、受光部 4 での受光量は、 $a / \{ ((b - a) / c) \times \gamma^{-2} \}$  となる。このような演算をステップ S 4 で行う。こうすれば受光量から理論値に基づいて温度を測定することができる。

【0021】一方、ステップ S 5 において、投光部より光を投光しない状態での受光量  $a$  を求める。そしてステップ S 6 に進み、ステップ S 4 で得られた受光量と、ス

テップS 5で得られた受光量との比を算出し、合致する理論温度曲線を探し出す。こうすれば以後は受光量のaから正確な温度を算出することができる。

【0022】図2の受光処理部12として、サーモパイアル12bとサーミスタ12cを用いた放射温度計が一般的に用いられるが、2色温度計を用いてもよい。図6は2色温度計15の構成を示す概略図である。この2色温度計15はダイクロイックミラー15a、第1の受光素子15b、第2の受光素子15c、A/D変換部15dを含んで構成される。ダイクロイックミラー15aは受光部4で得られた赤外光の内、波長λ1を中心波長を持つ成分をf(λ1)とするとき、f(λ1)のみを反射させ、波長λ2を中心波長を持つ成分f(λ2)を通過させるミラーである。受光素子15bは成分f(λ1)を光電変換し、受光素子15cはf(λ2)を光電変換する。A/D変換部15dはこれらの信号f(λ1)、f(λ2)をデジタル変換し、図2の演算処理部13に出力する。

【0023】ここで2色温度計の動作原理について説明する。全ての物体は絶対0度(-273.17°C)より高い温度を有している。又絶対0度より高い温度にある物体は、その温度と表面の状態に応じて光を放射している。絶対温度T°Cと分光放射輝度分布の関係を図7に示す。

【0024】図7から判るように、全ての物体はX線から遠赤外線まで非常に範囲の広い波長範囲の光を放射している。特に室温から数百度(°K)までの温度領域では、赤外線を中心に放射している。

【0025】このような測定の対象物体から放射される赤外線の量を測定する場合を考える。物体の温度をT1とすると、中心波長λ1のバンドパスフィルタの出力特性をf(λ1)とし、中心波長λ2のバンドパスフィルタの出力特性をf(λ2)とするとき、温度T1°Cにおけるバンドパスフィルタの出力に基づいて、 $f_1(\lambda_1)/f_1(\lambda_2)$ を演算し、この値をσ(T1)とする。σ(T1)の値は、吸収がないと仮定すれば物体の温度T1によって一義的に決定される。

【0026】同様に物体の温度をT2とすると、 $\sigma(T2) = f_2(\lambda_1)/f_2(\lambda_2)$ を演算する。σ(T2)の値は、光の吸収がないとすると物体の温度T2によって一義的に決定される。こうすると物体の表面形状、物体の取付形状、受光部の位置合わせ、などに変動があっても、物体の温度を高精度に測定できる。

【0027】以上のような演算処理によれば、温度変化に伴うシリコンウエハ2の透過率も同時に測定し、その影響を補正することができる。そしてその値を基に、図2に示した放射温度計や、図6に示した2色温度計を用いて、シリコンウエハ2の正確な温度を非接触で測定することができる。

【0028】尚この実施の形態では、受光部として投光

部より光を照射しない時点のシリコンウエハからの赤外の放射光と投光部より光を照射したときの透過光と同時に測定するようにしているが、透過光を測定する第1の受光部と放射光を測定する第2の受光部とを分離するようにもよい。この場合には、第2の受光部の設置場所は投光部からの光が入射しない任意の位置とすることができます。

【0029】(実施の形態2) 次に本発明の実施の形態2の非接触温度測定装置について説明する。図8は半導体製造装置の内部構造の要部説明図である。CVD装置1のチャンバ1a内には、高周波プラズマを発生させる複数の高周波電極1b、シリコンウエハ2を所定の温度に保持するヒータ1cが設けられていることは図1と同様である。

【0030】本実施の形態の非接触温度測定装置として、チャンバ1aの下部に投受光部20を取り付け、シリコンウエハ2を挟んでこれと対向する高周波電極1bの表面に反射板21を取り付ける。この反射板21は赤外光を反射するもので、鏡面研磨されたものや、赤外領域で反射率の高い金(Au)が蒸着されたものでもよい。投受光部20は、対物レンズ20a、投受光用ファイバ20b、ホルダ20cを有している。こうして図1の受光部を反射型にし、チャンバ1aに挿入する投受光用ファイバ20bを1本にしている。

【0031】図7に示すように本体部22は、ハロゲンランプ22a、バンドパスフィルタ22b、ハーフミラー22c、集光レンズ22d、受光素子22eを含んで構成される。尚、受光素子22eに接続された演算処理部13、メモリ部14は図2に示すものと同様であり、30ここでは図示を省略している。

【0032】ハロゲンランプ22aは遠赤外光～可視光の範囲を含む光を放射する光源である。バンドパスフィルタ22bはハロゲンランプ22aから放射される光の内、9μm帯の赤外光成分を選択するフィルタである。この赤外光はハーフミラー22cにより反射され、投受光用ファイバ20bに入射される。また投受光部20を介して投受光用ファイバ20bで導光された検出光は、ハーフミラー22cを直進し、集光レンズ22dで集光されて受光素子22eに入力される。

【0033】信号処理の方法は、実施の形態1と同様である。ここでは投写した赤外光がシリコンウエハ2を2回透過することと、シリコンウエハ2でのフレネル反射の回数が2倍になることを考慮すればよい。

【0034】(実施の形態3) 次に本発明の実施の形態3の非接触温度測定装置について説明する。図9は半導体製造装置の内部構造の要部説明図である。CVD装置1のチャンバ1a内には、高周波プラズマを発生させる複数の高周波電極1b、シリコンウエハ2を所定の温度に保持するヒータ1cが設けられていることは図1と同様である。

【0035】本実施の形態の非接触温度測定装置として、チャンバ1aの下部に1つの投光部30と、複数の第2の受光部32a・・・32nを取り付ける。そしてシリコンウエハ2を挟んで投光部30と対向する高周波電極1bの表面に、赤外光を反射する反射板31を取り付ける。投光部30は投光部と、第1の受光部とを一体にしたものであり、投光部30と反射板31の取り付け位置は、シリコンウエハ2の温度が最も高いと思われる部分とする。投光部30の構成は、図8に示すものと同一である。受光部32a・・・32nは、受光用ファイバで構成され、シリコンウエハ2の表面から放射される赤外光を受光し、後述する各受光素子に導光する。

【0036】図10は本体部33の構成を示す概略図である。本体部33は、測定用の赤外光を投光部30に出力し、Siエウハ2からの赤外光を受光し、投光した赤外光に対する受光した赤外光の強度を演算処理することにより、シリコンウエハ2の温度を測定する。更に本体部33は、複数の受光部32a・・・32nから得られた放射赤外光の検出値に基づいて補正処理を行い、シリコンウエハ2の温度分布を演算する。

【0037】図10に示すように本体部33は、投光部34、受光処理部35、演算処理部36、メモリ部37を含んで構成される。投光部34は図1の場合と同様、ハロゲンランプ34a、バンドパスフィルタ34b、チョッパ34c、コントローラ34dに加えて、ハーフミラー34eを含んで構成される。ハロゲンランプ34aは遠赤外光～可視光の範囲を含む光を放射する光源である。バンドパスフィルタ34bはハロゲンランプ34aから放射される光の内、9μm帯の赤外成分を選択するフィルタである。チョッパ34cはバンドパスフィルタ34bを介して出力される直流の赤外線を断続するもので、その周期はコントローラ34dによって制御される。

【0038】受光処理部35は、レンズ35a、受光素子35b、受光素子35c・・・35n、A/D変換部35pを含んで構成される放射温度計である。レンズ35aは、受光部30で検出された赤外光を集束して受光素子35bに与える。またシリコンウエハ2の複数部分の放射赤外光は、受光部32a～32nで捕捉され、夫々の受光用ファイバを介して受光素子35c～35nに与えられる。A/D変換部35pはこれらの受光素子の検出力をデジタル化し、演算処理部36に与える。

【0039】演算処理部36は、マイクロコンピュータで構成され、前述した演算処理によりシリコンウエハ2の温度を算出する。メモリ部37は、シリコンウエハ2のフレネル透過率αや各種の測定値を記憶する。

【0040】以上のように構成すると、最も高温と予想されるポイントのシリコンウエハ2の透過率が測定できる。この場合、シリコンウエハ2を熱して最適な温度に

上昇させるとき、透過率の温度特性を測定し、メモリ部37に記憶しておく。そしてこの値を用いてシリコンウエハ2全体の温度分布の測定値を補正すれば、温度分布の計測値がより正確になる。

【0041】図11は複数の受光部を安定に保持する方法を示した断面図である。シリコンウエハ2の保持台であるヒータ1cの上部に、複数の支持ピン40a、40b、40c・・・を取り付ける。このうちピンの1つの内部に受光部を挿入する。こうすると受光部に対する外乱光の影響が無くなり、またCVD装置で発生する各種の雰囲気ガスから受光部を守ることができる。この場合は受光部の対物レンズの汚れは一層少なくなる。

【0042】ここで説明した各実施の形態では、CVD装置に対する非接触温度測定装置として説明したが、他の半導体製造装置についても、本発明を適用することができる。

#### 【0043】

【発明の効果】本発明によれば、投光部より光を照射し、照射したタイミングで対象物体を透過した光を第1の受光部で受光する。その受光レベルによって透過率を算出し、それに基づいて第2の受光部で得られる受光レベルによって物体の温度を測定する。こうすれば物体の吸収がある場合にも、又吸収特性が温度によって変化する場合も正確に物体の温度を測定することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による非接触温度測定装置のCVD装置内の構成を示す概略図である。

【図2】実施の形態1による非接触温度測定装置の本体部の構成を示すブロック図である。

【図3】実施の形態1による投光部及び受光部の投光レベルを示すタイムチャートである。

【図4】実施の形態1における補正処理を示すフローチャートである。

【図5】シリコンウエハの吸収特性を示すグラフである。

【図6】実施の形態1における二色温度計の受光処理部を示すブロック図である。

【図7】物体の温度と放射輝度との関係を示すグラフである。

【図8】実施の形態2による非接触温度測定装置の光学系及びチャンバー内の構成を示す図である。

【図9】実施の形態3による非接触温度測定装置の光学系及びチャンバー内の構成を示す図である。

【図10】実施の形態3における投光部及び受光処理部の構成を示すブロック図である。

【図11】複数の受光部を安定に保持する方法を示した断面図である。

#### 【符号の説明】

- 1 CVD装置
- 1a チャンバ

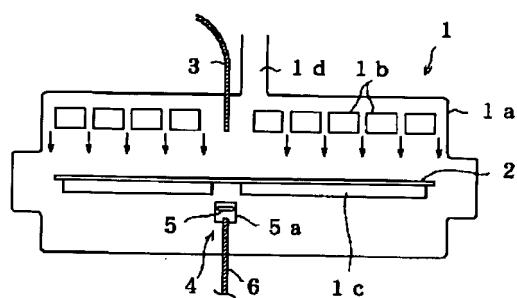
9

10

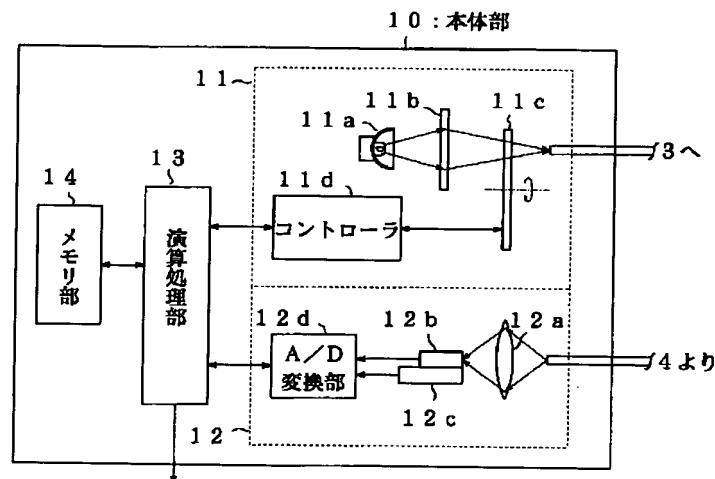
- 2 ウエハ  
 3 投光用光ファイバ  
 4 受光部  
 5 レンズ  
 6 受光用光ファイバ  
 10, 22 本体部

- 11, 34 投光部  
 12, 35 受光処理部  
 13, 36 演算処理部  
 14, 37 メモリ部  
 20 投光部  
 21, 31 反射板

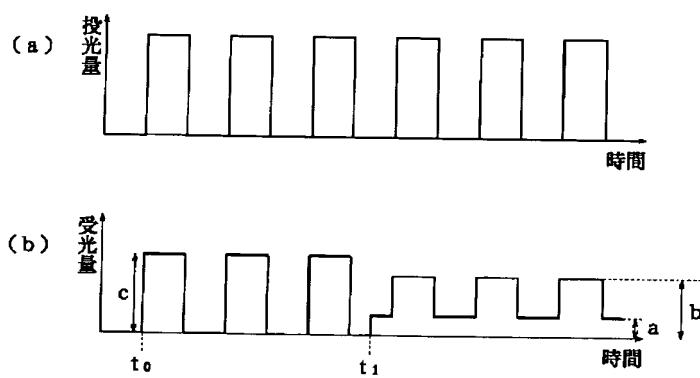
【図1】



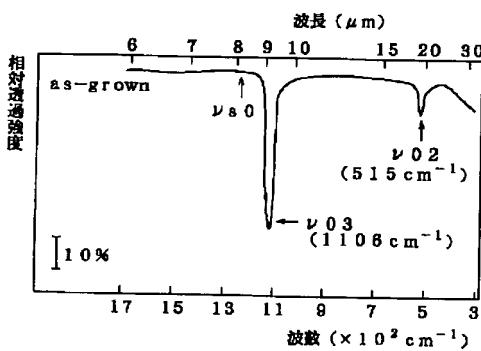
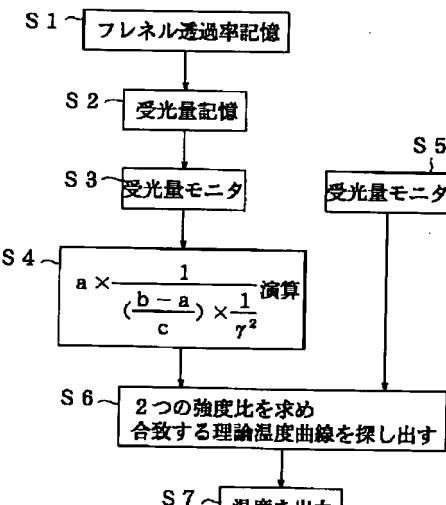
【図2】



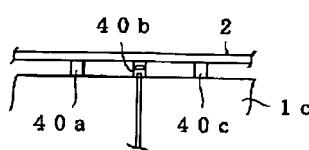
【図3】



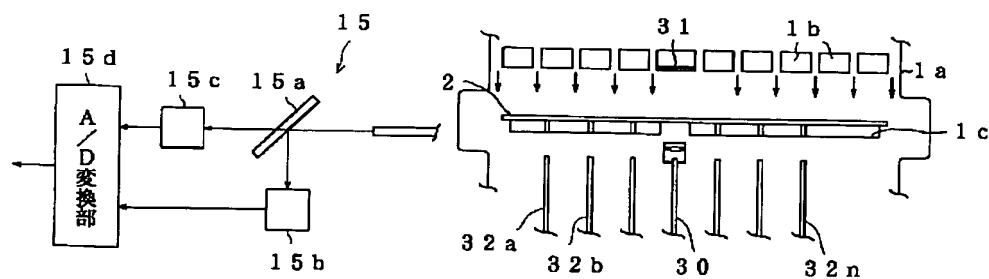
【図4】



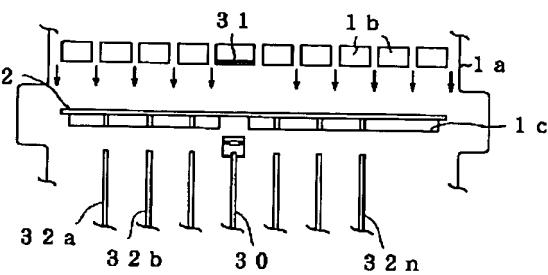
【図11】



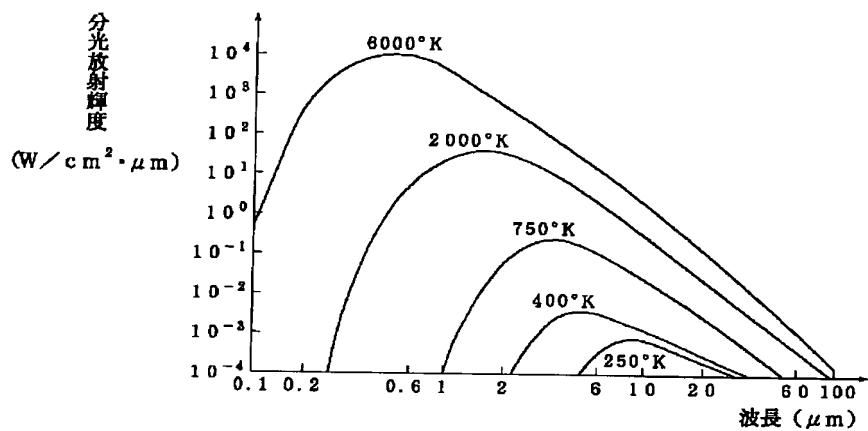
【図6】



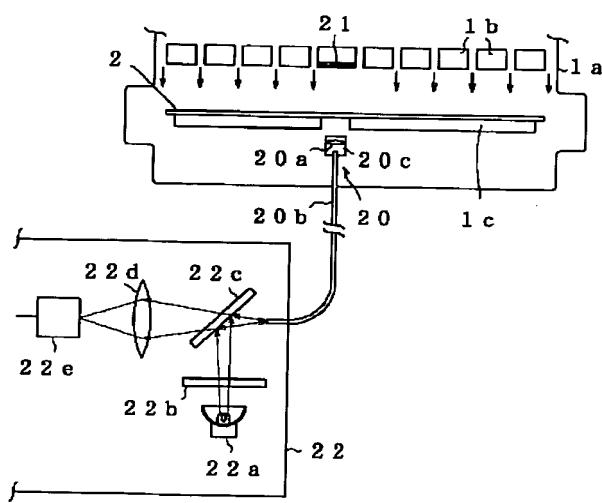
【図9】



【図7】



【図8】



【図10】

